

Rééducation motrice en réalité virtuelle et augmentée

Guillaume BOUYER – ENSIIE / Université d'Evry

Guillaume BOUYER est Maître de Conférences en informatique à l'Ecole Nationale Supérieure d'Informatique pour l'Industrie et l'Entreprise (ENSIIE). Il effectue ses recherches au laboratoire IBISC de l'Université Paris-Saclay à Evry, dans le domaine de la Réalité Virtuelle et Augmentée. Il s'intéresse en particulier aux interactions humains-machines adaptatives et aux feedbacks multimodaux, appliqués à la rééducation motrice.

Résumé : La rééducation motrice en Réalité Virtuelle et Augmentée partage des questionnements communs avec les systèmes de formation. On parle d'ailleurs d'apprentissage ou réapprentissage moteur. Parmi les composants essentiels de ces outils complémentaires de la rééducation conventionnelle avec les thérapeutes, on trouve : les interfaces et capteurs, qui permettent des interactions dans l'environnement virtuel, qui peut être un jeu, qui fournissent des mesures et des feedbacks de performances, et qui doivent permettre un paramétrage, notamment de la difficulté, pour participer à la motivation du patient.

Dans cette présentation nous détaillons deux projets de recherche menés au laboratoire IBISC. Le 1er porte sur l'assistance par la RV à l'auto-rééducation du membre supérieur post-AVC. Le 2nd sur la rééducation à la marche en RA après chirurgie chez les enfants atteints de paralysie cérébrale.

Références

S. Bermúdez i Badia, G. G. Fluet, R. Llorens, and J. E. Deutsch, "Virtual Reality for Sensorimotor Rehabilitation Post Stroke: Design Principles and Evidence," in *Neurorehabilitation Technology*, D. J. Reinkensmeyer and V. Dietz, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 573–603.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-28603-7_28

P. Weiss, E. Keshner, and M. Levin, *Virtual Reality for Physical and Motor Rehabilitation*. New York, NY: Springer New York, 2014.

<https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0968-1>



Evry | sciences
Sénart | et innovation

RÉÉDUCATION MOTRICE EN RÉALITÉ VIRTUELLE OU AUGMENTÉE



université
PARIS-SACLAY

guillaume.bouyer@ensiie.fr
www.ensiie.fr/~bouyer/

Enjeux en rééducation



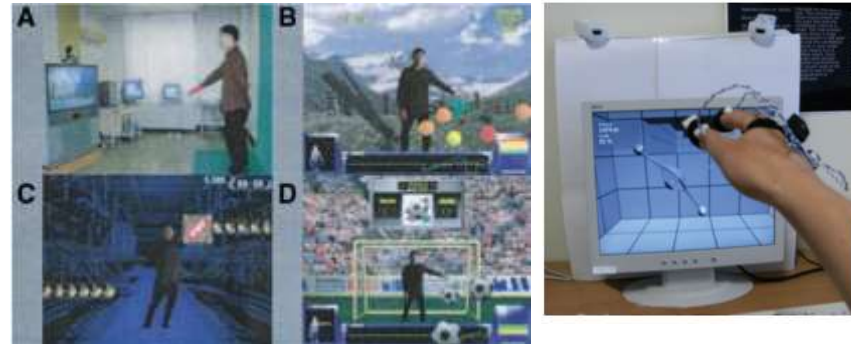
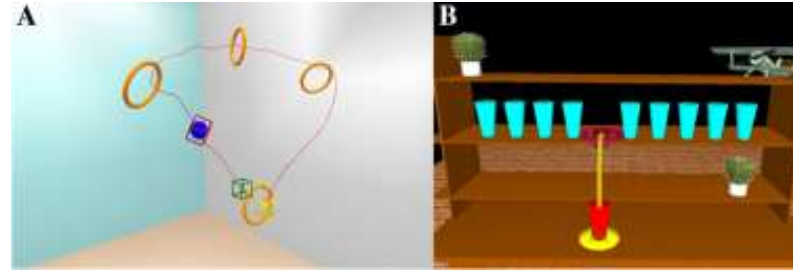
Nombre de patients en augmentation
Manque de moyens humains
et financiers
Difficultés d'accès aux soins
Manque d'adhésion aux traitements

Réponses en RV&A



Outils complémentaires
Autonomie/Domicile
Mesures et Feedbacks des performances
Automatisation du paramétrage
Motivation par le jeu

Exemples de solutions/travaux



Underwater Fire Game

Goalkeeper Game



Bug Hunter Game

Rollercoaster Game

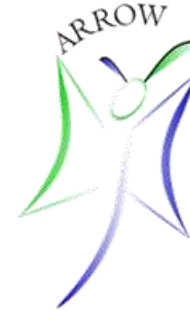
Figure 1. (See legend on next page.)

[Eng 2007, Standen 2011, Jang 2005, Kiper 2011, Shin 2014, Turolla 2013, ...]

Projets en cours à IBISC



CESAAR-AVC (2016-)
Système d'Assistance à
l'Auto-Rééducation du
membre supérieur post-AVC



ARRoW-CP (2018-)
Rééducation augmentée de la marche
après chirurgie chez les enfants
atteints de paralysie cérébrale

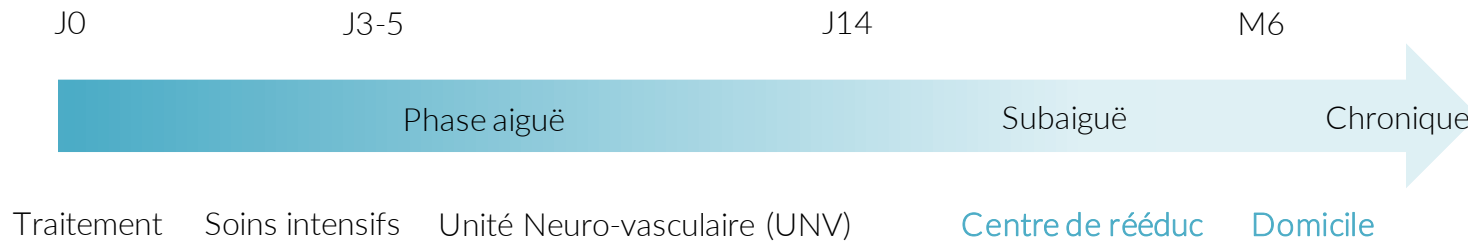


Rééducation motrice post-AVC



CESAAR AVC

Rééducation du membre supérieur post-AVC



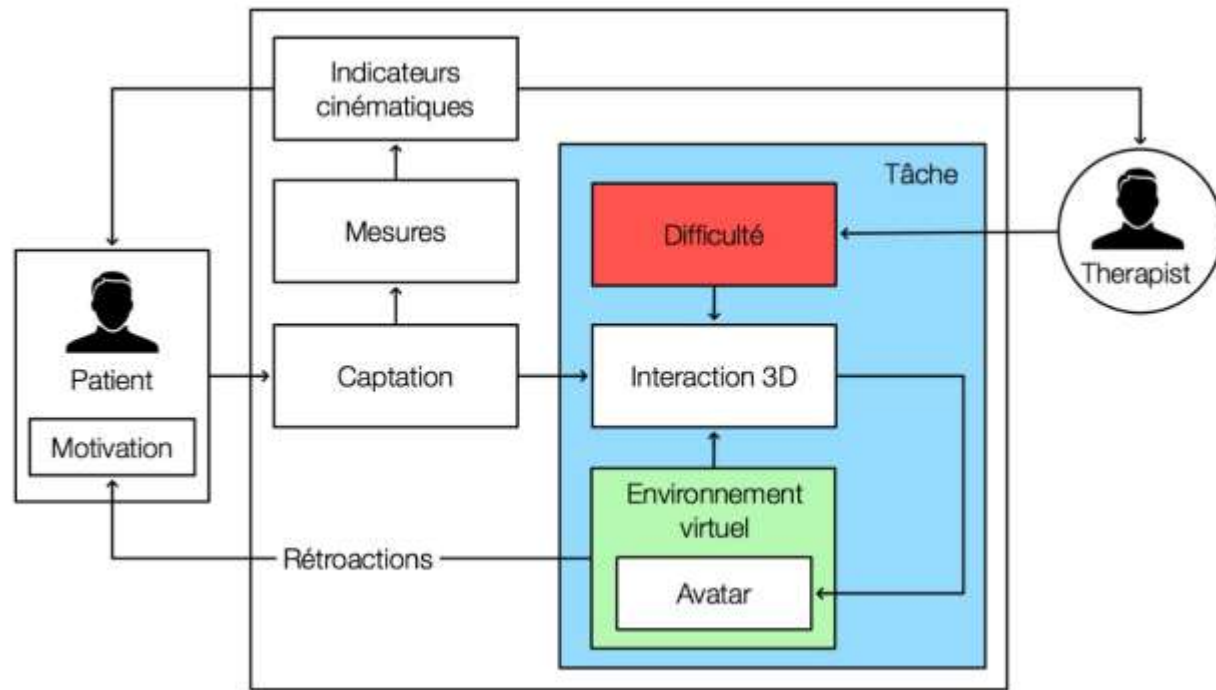
Besoins/Contraintes

- ✓ Augmenter le temps de rééducation
- ✓ Le plus tôt et longtemps possible
- ✓ Exercices orientés-tâches répétés et intensifs
- ✓ Système et exercices faciles à comprendre et à utiliser



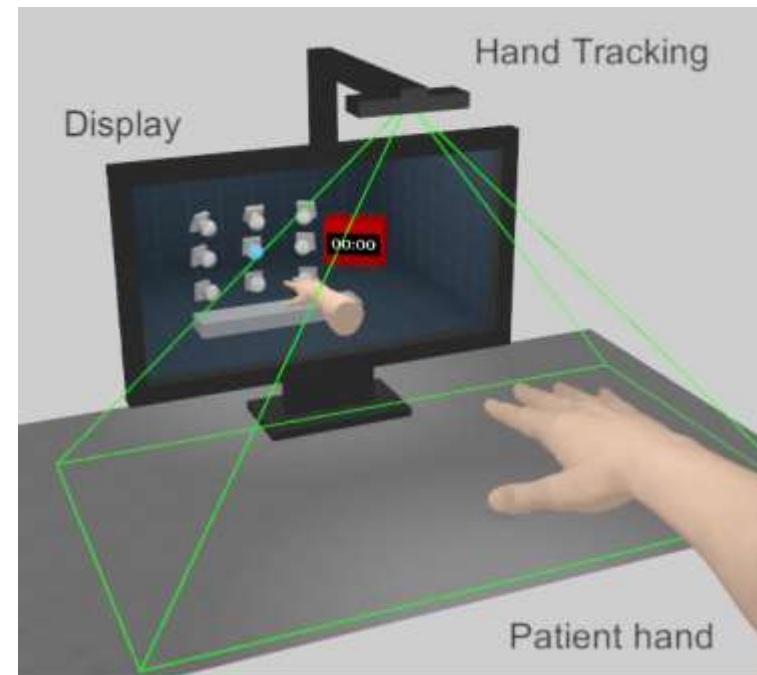
Systeme d'assistance à l'auto-rééducation

Architecture



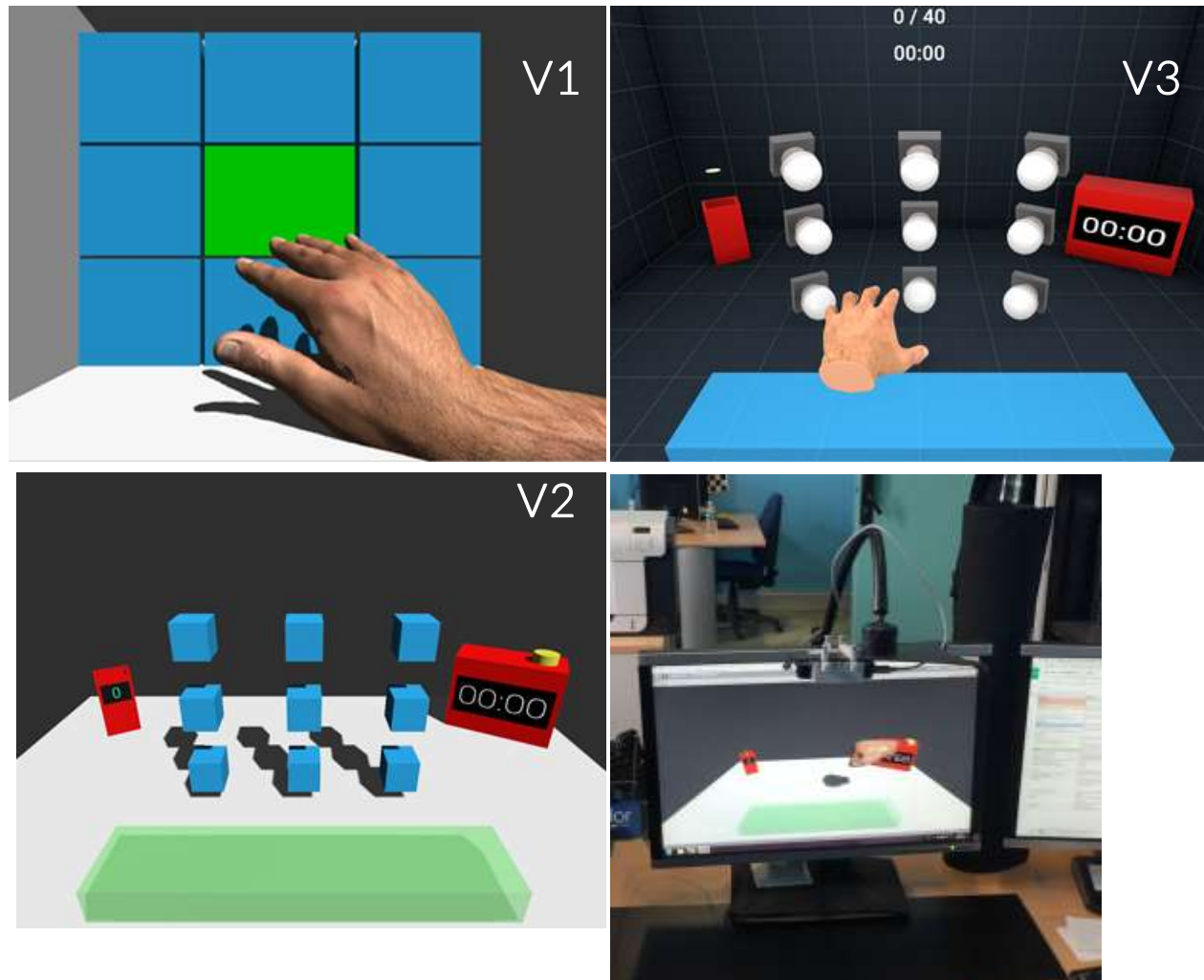
Interfaces

Caméra de capture de geste (Leap Motion)
PC + écran non immersif
Non invasif et bas coût
Pas d'assistance haptique



Représentations virtuelles et feedbacks

1. Pointage de cible



2. Pronation-supination du poignet



Exercices interactifs

1. Pointage de cible



2. Pronation-supination du poignet



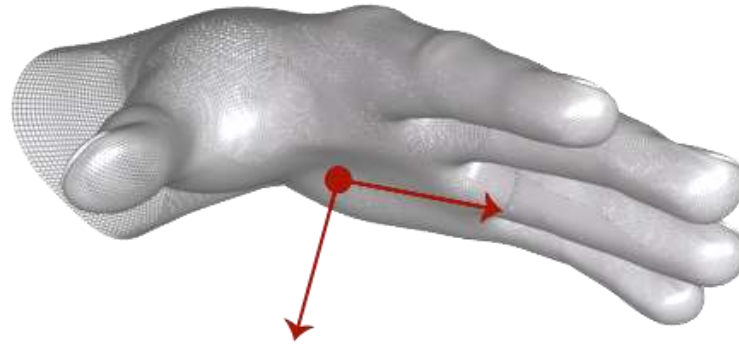
Contraintes : répétition, intensité et tâches fonctionnelles

Travail de **capacités motrices** : amplitude, vitesse, précision, maintien, fluidité...

Mesures et indicateurs de performance

Capteur

Pose de la main et des doigts



Thérapeute

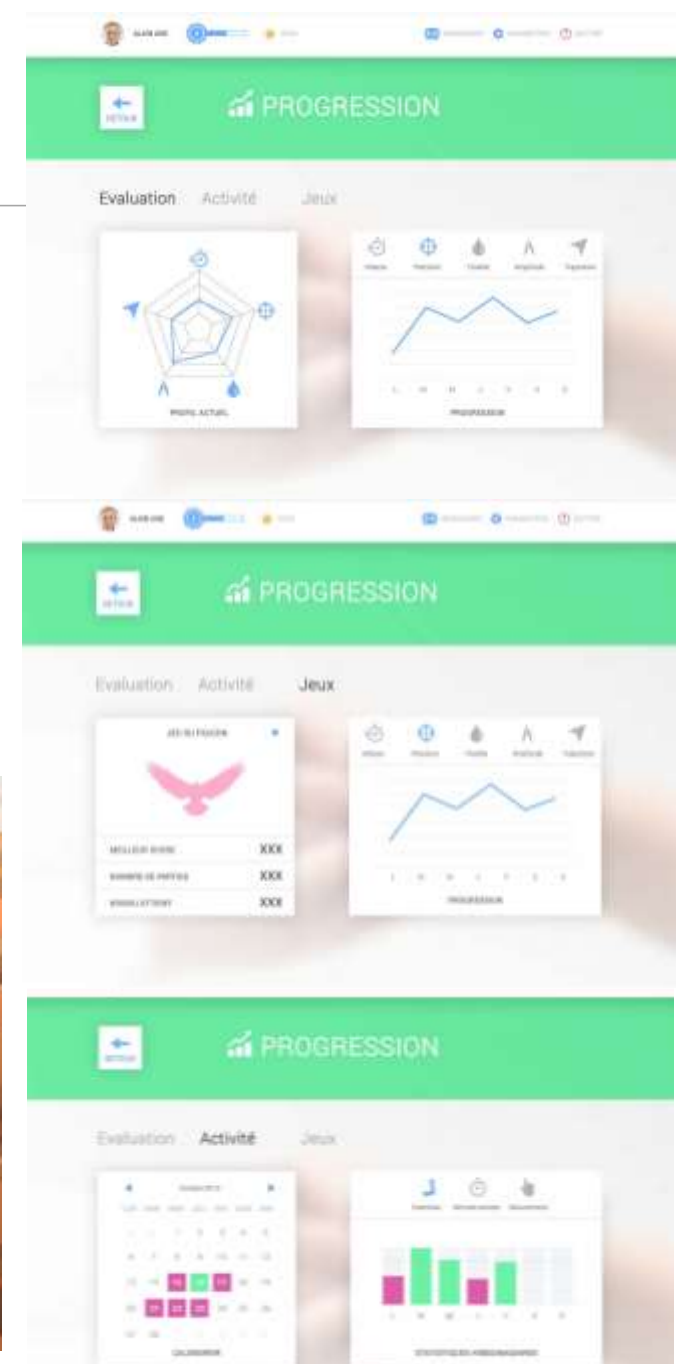
Rapports détaillés

Evaluations standardisées

Patient

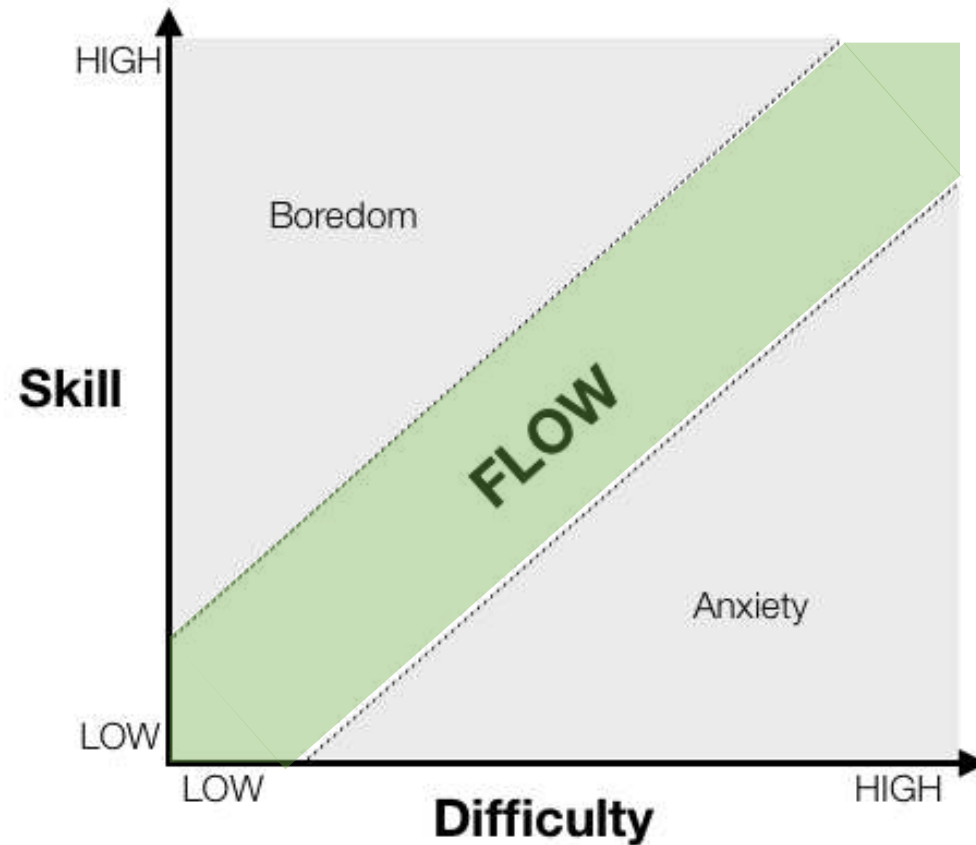
Scores de réussite

Evolution (positive)



Motivation et Adhésion

Comment adapter la tâche pour qu'elle soit stimulante mais aussi réalisable ?

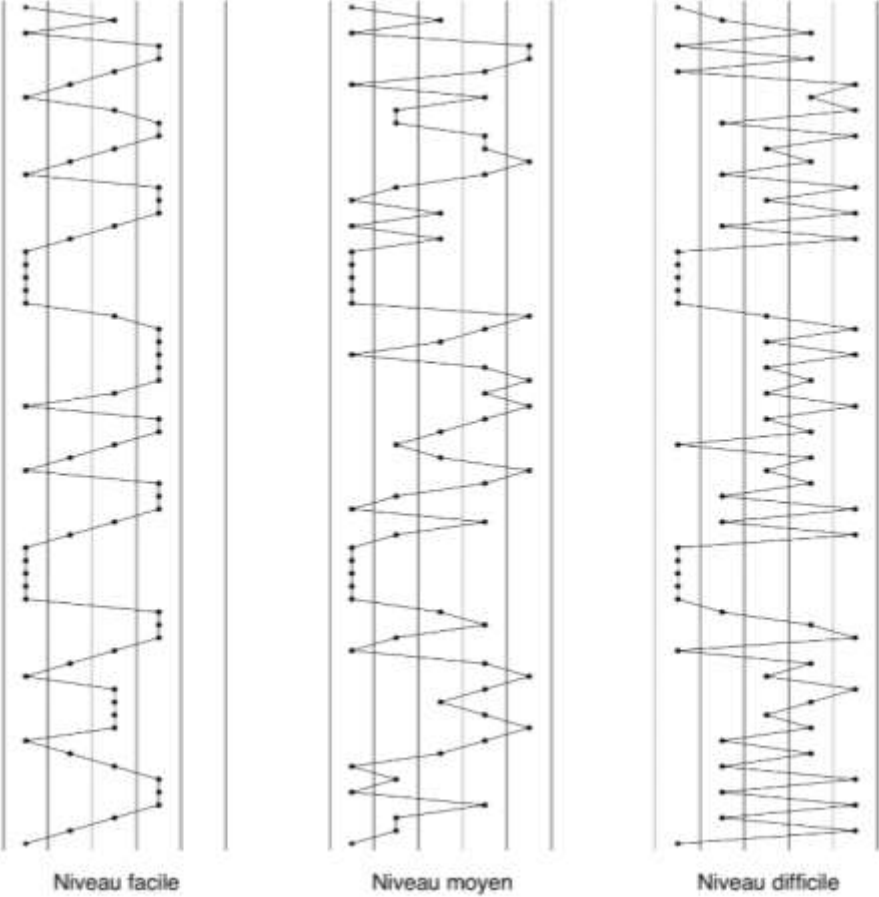
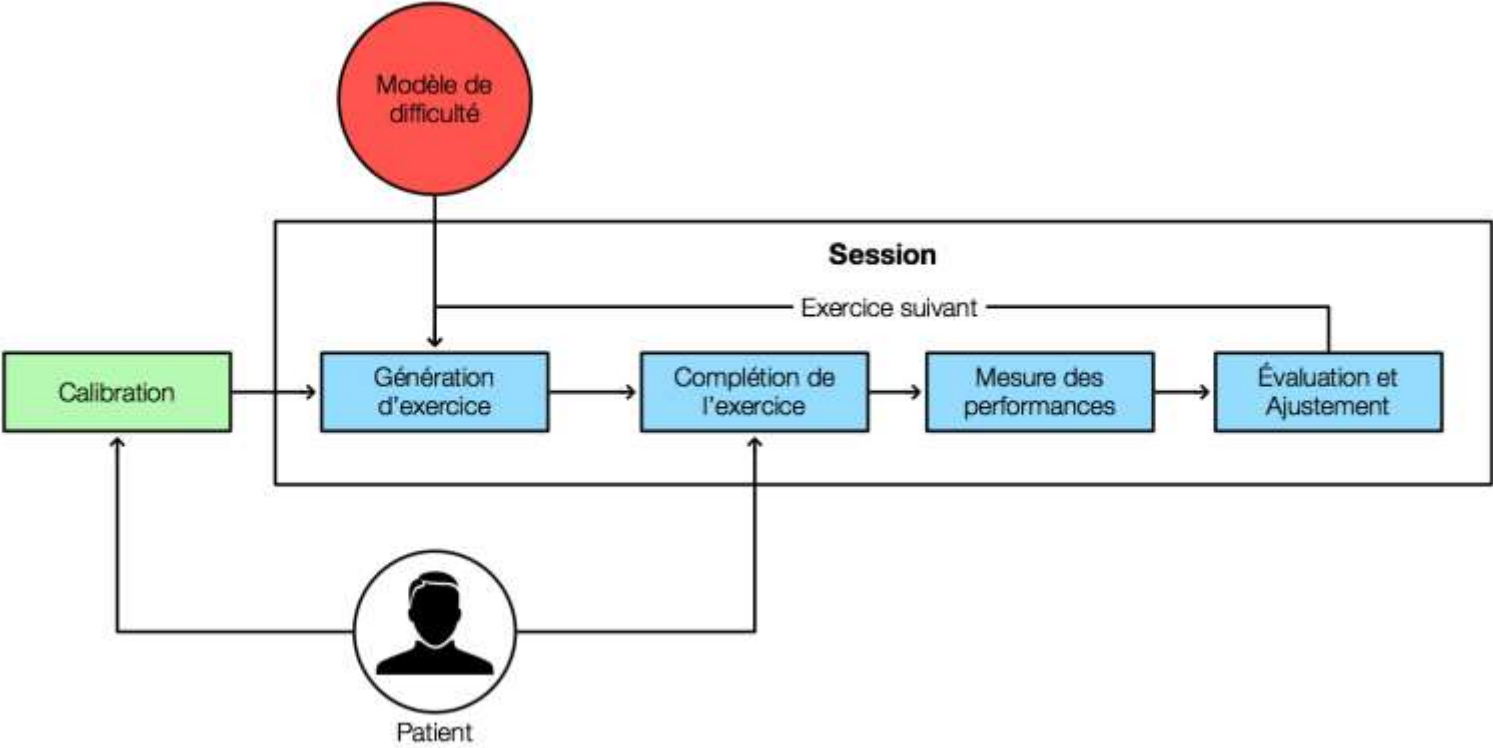


Théorie du flow [Csikszentmihalyi 1975]

Gestion de la difficulté

Modèle de difficulté basé sur la trajectoire (transitions + endurance)

Processus d'ajustement par génération contrainte de niveaux



Evaluation (2019)

28 patients et 32 sujets sains

Utilisabilité (*SUS System Usability Scale [Brooke 96]*)

Score total moyen des sujets sains = 85.859 (9.172)

Score total moyen des patients = 79.018 (14.990)

=> Rang B = « **Excellent** » selon échelle de [Bangor et al., 2009]

Différence significative (**besoin support technique, incohérences perçues, besoin d'apprendre**)

Difficulté (*performances*)

Système de **difficulté impacte la performance** de manière cohérente mais **faible** même sur sujets sains => adapter aussi amplitude et vitesse de défilement

Motivation (*IMI Intrinsic Motivation Inventory [Ryan et Deci 2000]*)

Les patients ont un **intérêt fort** (= sujets sains)

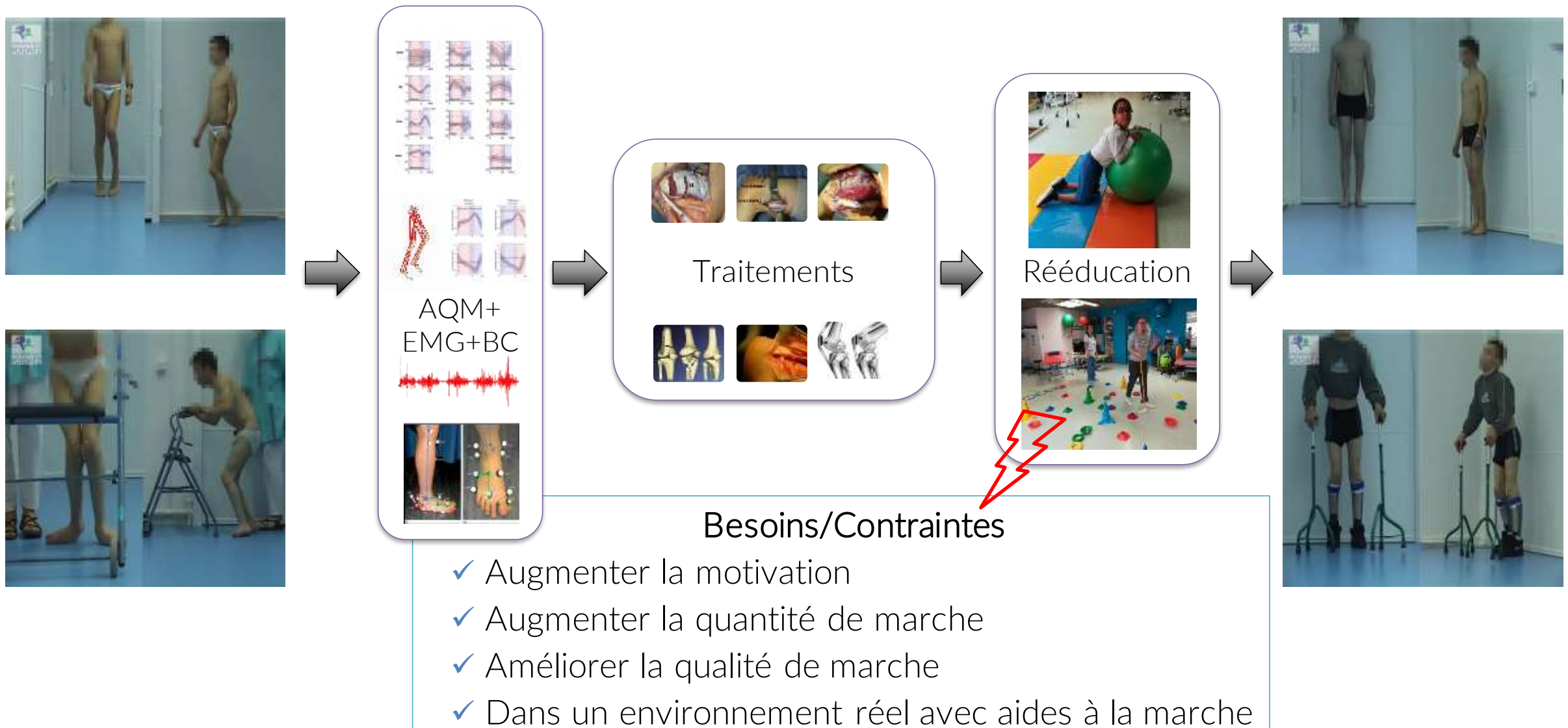
Les patients pensent fournir beaucoup d'énergie et d'**efforts** (≠ sujets sains)

Les patients trouvent le système **utile pour leur rééducation** du membre supérieur

Rééducation à la marche



Correction orthopédique de la marche



Systeme d'exercices de marche en Réalité Augmentée

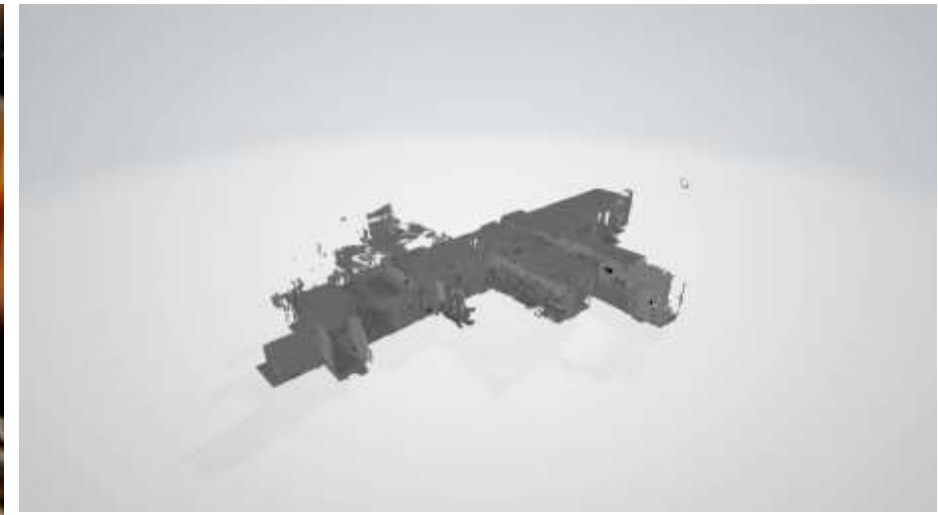
Interface

- Lunettes de RA + capteurs
- Mobile et autonome
- Compatible avec les aides
- MOCAP pour les expérimentations



Exercices

- Navigation/jeu libre
- Mini-jeux ciblés



Mesures des performances de marche

Hololens => Pose de la tête

Chemin parcouru

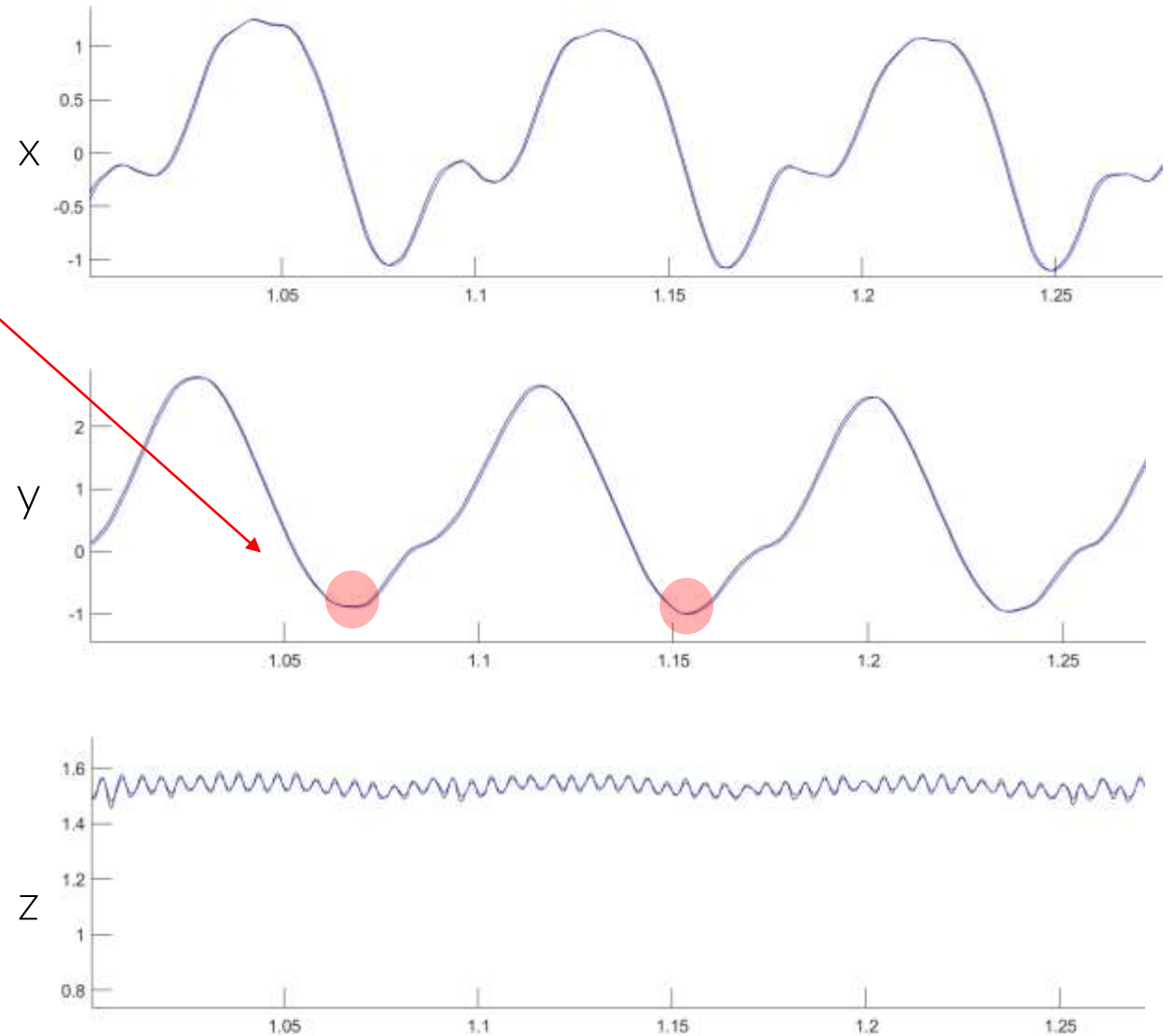
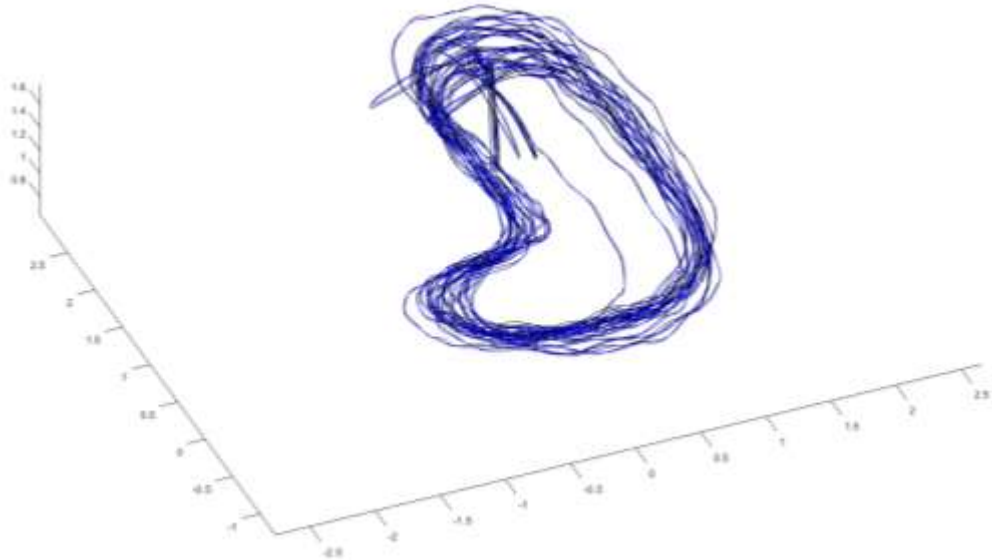
Vitesse

Filtrages + Seuils => « Heel strikes »

Longueur de pas

Cadence

Distance parcourue



Feedbacks et représentations virtuelles



Conclusion

Rééducation motrice en RV&A

Nombreux et anciens travaux pour certaines pathologies (AVC)

Complément et jamais remplacement de la rééducation conventionnelle
Etudes positives sur l'apport thérapeutique mais biais

Composants essentiels

Patient & Thérapeute

Interfaces, capteurs

Interactions, environnement virtuel, jeu

Mesures, feedbacks

Paramétrage, difficulté

Suite des travaux

CESAAR-AVC

Développement d'autres jeux
Protocole expérimental sur la motivation
et l'efficacité thérapeutique



ARRoW-CP

Modèle des feedbacks
Protocoles expérimentaux de comparaison
d'impact des feedbacks de vitesse de marche

